



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Publication number: 0 687 106 A1

(12)

EUROPEAN PATENT APPLICATION

(21) Application number: 95303822.1

(51) Int. Cl.⁶: H04N 5/217

(22) Date of filing: 05.06.95

(30) Priority: 06.06.94 JP 123886/94

(43) Date of publication of application:
13.12.95 Bulletin 95/50

(84) Designated Contracting States:
DE FR GB

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC
INDUSTRIAL CO., LTD.**
1006, Ohaza Kadoma
Kadoma-shi, Osaka 571 (JP)

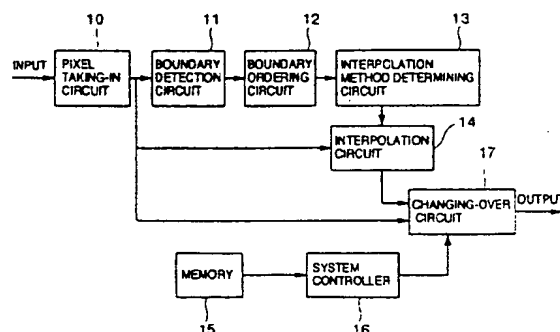
(72) Inventor: Tabei, Kenji
Saedoniryo 575,
749-1, Saedocho,
Tsuzuki-ku
Yokohama-shi (JP)
Inventor: Nishizawa, Masato
11-204, Wakabadai-3-chome,
Asahi-ku
Yokohama-shi (JP)

(74) Representative: Votier, Sidney David
CARPMAELS & RANSFORD
43, Bloomsbury Square
London WC1A 2RA (GB)

(54) Defective pixel correction circuit

(57) A defective pixel correction circuit corrects a defective pixel in a solid imaging device such as a CCD exactly and sufficiently. A boundary detection circuit (11) calculates magnitudes of boundaries from signals of eight peripheral pixels taken in a pixel taking-in circuit (10) and a boundary ordering circuit (12) compares the calculated magnitudes of the boundaries with one another to order the magnitudes of the boundaries. An interpolation circuit (14) produces an interpolation signal in accordance with an interpolation method determined by an interpolation method determining circuit (13) on the basis of the order of the ordered boundaries to correct the defective pixel.

FIG.5



BACKGROUND OF THE INVENTION

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to a defective pixel correction circuit for correcting a defective pixel in a solid imaging device such as a CCD.

DESCRIPTION OF THE PRIOR ART

Correction of a defective pixel in a CCD or the like is heretofore performed by a so-called 0-order hold interpolation method in which positional information of a defective pixel is previously stored and the defective pixel is simply replaced by information obtained from a pixel adjacent to the defective pixel on the basis of the positional information. In this correction method, however, as shown in Fig. 1, when a boundary between light and dark portions of an image is present just before a defective pixel, for example, the place X in which the defective pixel is corrected is conspicuous.

In order to solve such a problem, JP-A-3-296374 proposes a correction method in which levels of image signals produced from a plurality of pixels in the vicinity of a defective pixel are compared with one another to select image information for the pixel used for interpolation on the basis of the comparison result so that image information at the position of the defective pixel is interpolated. The patent publication as mentioned above discloses the following measures.

More particularly, as shown in Fig. 2, absolute values of signal level differences between adjacent pixels (boundaries I, II, III and IV) for five pixels including pixels D and E disposed before and after and adjacent to a defective pixel X and pixels A, B and C disposed before one horizontal line are calculated.

The absolute values of the output signal level differences between the adjacent pixels are compared between the boundaries I and II, I and III, IV and II, and IV and III to produce four kinds of control signals a to d determined in accordance with Table 1 on the basis of the comparison among the four boundaries.

No.	Bound. I&II	Bound. I&III	Bound. IV&II	Bound. IV&III	Cont. Signal
1	I>II	I>III	IV>II	IV>III	a
2	I>II	I>III	IV>II	IV>III	a
3	I>II	I>III	IV<II	IV>III	a
4	I>II	I>III	IV<II	IV<III	b
5	I>II	I<III	IV>II	IV>III	a
6	I>II	I<III	IV>II	IV<III	b
7	I>II	I<III	IV<II	IV<III	a
8	I<II	I>III	IV>II	IV>III	a
9	I<II	I>III	IV<II	IV>III	c
10	I<II	I>III	IV<II	IV<III	b
11	I<II	I<III	IV>II	IV>III	c
12	I<II	I<III	IV>II	IV<III	c
13	I<II	I<III	IV<II	IV>III	a
14	I<II	I<III	IV<II	IV<III	d

As shown in Figs. 3A and 3B, the control signals a to d correspond to four kinds of stripe patterns including a horizontal pattern shown in Fig. 3A, a right tilted pattern shown in Fig. 3B, a left tilted pattern shown in Fig. 3C and a vertical pattern shown in Fig. 3D. The defective pixel is replaced by an average of the output data of the pixels D and E for the horizontal pattern of Fig. 3A, the output data of the pixel E for the right tilted pattern of Fig. 3B, the output data of the pixel D for the left tilted pattern of Fig. 3C and the output data of the pixel B for the vertical pattern of Fig. 3D to be corrected.

In the correction circuit proposed in the above-mentioned JP-A-3-296374, however, the absolute values

of the level differences between the pixels are calculated from the levels of the image signals produced from the five pixels including the right and left pixels of the defective pixel and the three pixels disposed before one line of the defective pixel and are compared with one another to thereby identify a pattern of an object to be imaged in the vicinity of the defective pixel and accordingly the pattern is sometimes identified in error.

For example, in Fig. 4A, when outputs of peripheral pixels are $A=100$, $B=120$, $C=200$, $D=110$ and $E=215$, absolute values of boundaries are calculated as follows:

$$\text{Boundary I} = |A - D| = 10$$

$$\text{Boundary II} = |B - A| = 20$$

$$\text{Boundary III} = |C - B| = 80$$

$$\text{Boundary IV} = |E - C| = 15$$

Accordingly, this case corresponds to No. 14 of Table 1 and the control signal \underline{d} is selected. However, since the pattern of Fig. 4A is tilted right, the pattern must be identified as the right tilted pattern of Fig. 3B and the control signal \underline{b} must be selected. Further, in Fig. 4B, when outputs of peripheral pixels are $A=100$, $B=110$, $C=200$, $D=120$ and $E=205$, absolute values of boundaries are calculated as follows:

$$\text{Boundary I} = |A - D| = 20$$

$$\text{Boundary II} = |B - A| = 10$$

$$\text{Boundary III} = |C - B| = 90$$

$$\text{Boundary IV} = |E - C| = 5$$

Accordingly, this case corresponds to No. 7 of Table 1 and the control signal \underline{a} is selected. However, since the pattern of Fig. 4B is vertical, the pattern must be identified as the vertical pattern of Fig. 3D and the control signal \underline{d} must be selected.

As apparent from the above two examples, there is a problem that the correction circuit cannot identify the pattern at the boundary in the vicinity of the defective pixel exactly. Further, since the patterns of an object to be identified are limited to four kinds of patterns including the horizontal, left tilted, right tilted and vertical patterns, sufficient and fine correction is impossible.

SUMMARY OF THE INVENTION

It is an object of the present invention to solve the above problems in the prior art by providing an excellent defective pixel correction circuit capable of correcting a defective pixel exactly even when a complicated boundary is present in an object to be imaged in the vicinity of the defective pixel.

In order to achieve the above object, the defective pixel correction circuit according to the present invention comprises a pixel taking-in circuit for taking in signals produced from pixels in the vicinity of a defective pixel supplied from a digital image, a boundary detection circuit for calculating magnitudes of boundaries between peripheral adjacent pixels from the signals produced from the taken-in pixels, a boundary ordering circuit for comparing the magnitudes of the detected boundaries to order the boundaries, an interpolation method determining circuit for determining an interpolation method on the basis of inputs from the boundary ordering circuit, and an interpolation circuit for producing an interpolation output in accordance with the interpolation method determined by said interpolation method determining circuit.

With the above configuration, according to the present invention, the magnitudes of the boundaries between the peripheral pixels are compared with one another to order the magnitudes of the boundaries so that even when a complicated boundary is present in the vicinity of the defective pixel, the pattern of the boundary can be identified. Further, the interpolation method determining circuit previously determines the optimum interpolation method for each identified pattern so that correction of the defective pixel can be made exactly for each boundary pattern.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 is a diagram for explaining a conventional correction process using a 0-order hold interpolation;

Fig. 2 shows a pixel arrangement in the vicinity of a defective pixel in a prior art;

Figs. 3A to 3D show stripe patterns identified in a prior art;

Figs. 4A and 4B show patterns which cannot be identified in a prior art;

Fig. 5 is a block diagram schematically illustrating an embodiment of a defective pixel correction circuit of the present invention;

Fig. 6 shows a window of pixels taken in by a pixel taking-in circuit;

Fig. 7 shows a window of pixels taken in a pixel taking-in circuit in a frame image in the interlaced scanning system;

Fig. 8 shows positions of boundaries;

Fig. 9 shows an actual example of detected boundaries;
 Figs. 10A and 10B show examples of actual boundaries presumed from detected boundaries;
 Figs. 11A and 11B show examples of interpolation methods suitable for boundary patterns; and
 Figs. 12A to 12L show 12 kinds of interpolation methods.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

Embodiments of the present invention are now described with reference to the accompanying drawings.

Fig. 5 is a block diagram schematically illustrating an embodiment of the present invention. Numeral 10 denotes a pixel taking-in circuit for taking in signals of nine pixels corresponding to a window of 3×3 supplied from a digital imaging device such as a CCD, numeral 11 denotes a boundary detection circuit for calculating magnitudes of boundaries between adjacent pixels on the basis of eight peripheral or surrounding pixels taken in by the pixel taking-in circuit 10, numeral 12 denotes a boundary ordering circuit for ordering the boundaries on the basis of the magnitudes of the boundaries calculated by the boundary detection circuit 11, numeral 13 denotes an interpolation method determining circuit for determining an interpolation method on the basis of an output of the boundary ordering circuit 12, and numeral 14 denotes an interpolation circuit for performing interpolation using signals from the eight surrounding pixels taken in by the pixel taking-in circuit 10 in accordance with the interpolation method determined by the interpolation method determining circuit 13.

Numeral 15 denotes a memory for storing a position of a defective pixel, numeral 16 denotes a system controller for judging whether the position of the center pixel taken in by the pixel taking-in circuit 10 is stored in the memory 15 or not to control a change-over circuit 17, and numeral 17 denotes the changing-over circuit for selecting between a signal of the center pixel taken in by the pixel taking-in circuit 10 and an interpolation output from the interpolation circuit 14 in accordance with a control signal from the system controller 16.

Operation of the embodiment is now described.

A method of taking in an image is first described. The pixel taking-in circuit 10 takes in the signals of nine pixels corresponding to the window of 3×3 and produces the signals. That is, as shown in Fig. 6, the pixel taking-in circuit 10 produces a signal x11 from X11 corresponding to the center pixel and signals x00 to x02, x10, x12 and x20 to x22 from X00 to X02, X10, X12 and X20 to X22 corresponding to the surrounding or peripheral pixels, respectively. However, in the case of an interlaced signal in the interlaced scanning method, interpolation is made in a field and accordingly the nine pixels correspond to a window of 3×3 in the field. In other words, in the case of the interlaced scanning, the pixel taking-in circuit takes in signals from pixels disposed before two lines and after two lines in a frame picture as shown in Fig. 7.

A method of calculating magnitudes of the boundaries between the surrounding pixels is now described. The boundary detection circuit 11 calculates absolute values of differences between the signals from adjacent pixels of the eight surrounding pixels taken in by the pixel taking-in circuit 10 as shown in Fig. 8. However, the magnitudes of the boundaries between the vertically adjacent pixels are multiplied by a coefficient k. That is, the magnitudes d1 to d8 of the boundaries are calculated by the following equation 1:

$$\text{Equation 1: } d1 = k \cdot |x10 - x00|$$

$$d2 = |x00 - x01|$$

$$d3 = |x01 - x02|$$

$$d4 = k \cdot |x02 - x12|$$

$$d5 = k \cdot |x12 - x22|$$

$$d6 = |x22 - x21|$$

$$d7 = |x21 - x20|$$

$$d8 = k \cdot |x20 - x10|$$

where the coefficient k is a positive real number which is used to correct the strength of the correlation between pixels in the horizontal and vertical directions caused by different distances between pixels for calculation of a signal difference in the horizontal and vertical direction due to the aspect ratio of the image and the interlaced scanning.

A method of comparing the boundaries in magnitude is now described. The boundary ordering circuit 12 compares the magnitudes d1 to d8 of the boundaries with one another with respect to all combinations of 56 sets including d1 and d2, d1 and d3, ..., d7 and d8 and produces the order of the boundary magnitude d1 as D1, the order of d2 as D2, and the orders of the boundary magnitude d3 to d8 as D3 to D8, respectively. A combination of D1 to D8 is named a boundary order pattern. Further, when the comparison results are equal to each other, the relation in magnitude is determined in accordance with the following rules:

Rule 1: when the comparison results in magnitude of the boundaries in the vertical and horizontal directions are equal, it is assumed that the magnitude of the boundary having smaller one of the correlation between the horizontally adjacent pixels and the correlation between the vertically adjacent pixels is larger than

that of the other. Further, in the interlaced scanning system, since the correlation between the horizontally adjacent pixels is generally higher than the correlation between the vertically adjacent pixels, the boundary in the vertical direction is assumed to be larger in magnitude when the comparison results in magnitude of the boundaries in the vertical and horizontal directions are equal.

Rule 2: when the comparison results in magnitude of the boundaries in the same direction are equal, various rules can be considered since the positional relation is symmetrical, while the boundary having a smaller suffix is assumed to be larger than the boundary having a larger suffix in the embodiment.

The rules 1 and 2 are combined to form the relation of the following equation 2 and accordingly when the comparison results are equal, the boundaries are ordered in accordance with the equation 2:

$$\text{Equation 2: } d1 > d4 > d5 > d8 > d2 > d3 > d6 > d7$$

The above operation is now described with reference to a definite example. When the relation of d1 to d8 is defined by the following equation 3, the boundary order pattern is calculated.

$$\text{Equation 3: } d3 > d5 > d1 > d6 > d8 > d2 = d7 > d4$$

That is, d1 is in a third place and accordingly the order D1 of d1 is three. Further, d2 and d7 are both in the sixth place, while since it is judged that d2 is larger than d7 ($d2 > d7$) in accordance with the above rule, d2 is in the sixth place and d7 is the seventh place. Accordingly, D1 to D8 are determined to be the following equation 4:

$$\text{Equation 4: } D1 = 3, D2 = 6, D3 = 1, D4 = 8, D5 = 2, D6 = 4, D7 = 7, D8 = 5$$

A method of determining an interpolation method from the comparison results is now described. The boundary order pattern produced by the boundary ordering circuit 12 represents a combined order of the magnitudes of the eight boundaries and accordingly there are eight factorial, that is, $8! = 40320$ kinds of patterns. The interpolation method determining circuit 13 assigns a peculiar number to each of the boundary order patterns produced by the boundary ordering circuit 12. This number is named the boundary order pattern number. The boundary order pattern number is calculated from the boundary order pattern D1 to D8 produced by the boundary ordering circuit 12 in accordance with the following equation 5.

$$\text{Equation 5: } PN = D1 + 8(D2 + 8(D3 + 8(D4 + 8(D5 + 8(D6 + 8(D7 + 8(D8)))))))$$

Since D1 to D8 do not have the same value, the pattern number PN does not have a continuous number.

In order to determine the interpolation method for the boundary order pattern classified above, the interpolation method determining method 13 uniquely sets the interpolation method to be outputted for each of the patterns previously. The relation of the order of the boundary magnitude in the comparison result and the interpolation method is now described definitely.

When it is assumed that the boundary order pattern D1 to D8 produced by the boundary ordering circuit 12 is set as indicated by the following equation 6 and the order of the boundary magnitude is set as shown in Fig. 9, boundaries of an actual peripheral image as shown in Figs. 10A and 10B are considered as boundaries of the actual peripheral image to be presumed from the boundaries shown in Fig. 9.

$$\text{Equation 6: } D1 = 7, D2 = 8, D3 = 1, D4 = 5, D5 = 4, D6 = 3, D7 = 6, D8 = 2$$

Thus, when the patterns of the peripheral image are different, optimum interpolation methods therefor are also different. The interpolation method of Fig. 11A is considered to be optimum for the pattern of the peripheral image of Fig. 10A and the interpolation method of Fig. 11B is considered to be optimum for the pattern of Fig. 10B.

However, when the boundary order pattern as shown in Fig. 9 is obtained by the boundary ordering circuit 12, it is difficult to uniquely determine the optimum interpolation method from a large number of candidates for the interpolation methods including those as shown in Figs. 11A and 11B. Accordingly, a simulation is previously made in accordance with the following method to determine an optimum interpolation method for each of the boundary order patterns.

The simulation uses a digital image having no defective pixel.

First of all, nine pixels corresponding to a window of 3×3 having a center of coordinates (x,y) are taken in from the image. In order to specify the process for the window of 3×3 having the center of coordinates (x,y), a value of the center pixel is attached with a suffix of (x,y) such as $x11(x,y)$. Further, in the case of the interlaced scanning system, pixels of the window of 3×3 for a field image are taken in the same manner as in the pixel taking-in circuit 10.

The nine pixels taken in by the circuit 10 are processed by the boundary detection circuit 11 and the boundary ordering circuit 12 as described above so that the boundary order patterns $D1(x,y)$ to $D8(x,y)$ are calculated and the boundary order pattern number $PN(x,y)$ is calculated in accordance with the equation 5.

Interpolation outputs interpolated by 12 kinds of interpolation methods shown in Figs. 12A to 12L are calculated from the eight surrounding pixels taken in by the circuit 10 so that an interpolation output calculated by an interpolation method 1 is assumed to $y1(x,y)$, an interpolation output by an interpolation method 2 is assumed to $y2(x,y)$ and interpolation outputs by interpolation methods 3 to 12 are assumed to $y3(x,y)$ to $y12(x,y)$,

respectively. Figs. 12A to 12L show the 12 kinds of simple interpolation methods, while other interpolation methods using an average or a weighted average of a plurality of pixels may be considered. Generally, an interpolation output y_n can be expressed by the following equation 7:

Equation 7:
$$y_n = \alpha_1 \cdot x_{00} + \alpha_2 \cdot x_{01} + \alpha_3 \cdot x_{02} + \alpha_4 \cdot x_{12} + \alpha_5 \cdot x_{22} + \alpha_6 \cdot x_{21} + \alpha_7 \cdot x_{20} + \alpha_8 \cdot x_{10}$$

where α_1 to α_8 represent coefficients of actual numbers.

On the other hand, in this simulation, pixels are taken in from an image having no defective pixel and accordingly a signal $x_{11}(x,y)$ produced by a center pixel $X_{11}(x,y)$ in the window of 3×3 can be considered to be a target value for correction of the defective pixel. Thus, interpolation errors of the respective interpolation methods can be calculated. An interpolation error $ERR_i(x,y)$ of an interpolation method i is given by the following equation 8:

Equation 8:
$$ERR_i(x,y) = |y_i(x,y) - x_{11}(x,y)|$$

where $i = 1, 2, \dots, 12$

The interpolation error $ERR_i(x,y)$ is calculated for the whole image and a squared average of the error is calculated for each boundary pattern number. That is, when an interpolation method i is adopted in the boundary order pattern number j , a squared average $TOTALERR(i,j)$ of the interpolation error is given by the following equation 9:

Equation 9:
$$TOTALERR(i,j) = \sum H_j(x,y) \cdot ERR_i(x,y) \cdot ERR_i(x,y) \quad (x,y) \in \text{all pixels}$$

where

$H_j(x,y) = 1$: (for $j = PN(x,y)$)

$H_j(x,y) = 0$: (for $j \neq PN(x,y)$)

By selecting the interpolation method having the minimum squared average of the squared averages $TOTALERR(1,j)$, $TOTALERR(2,j)$, ..., $TOTALERR(12,j)$ of the interpolation errors by the 12 kinds of interpolation methods, the optimum interpolation method can be determined uniquely for the boundary order pattern number j . The above operation is made for all of the boundary order pattern numbers.

Even when it is difficult to uniquely determine the interpolation method suitable for the boundary pattern obtained from only the surrounding pixels by means of intuitive judgement, the simulation can be performed for image data having various conditions to thereby determine the interpolation method suitable for each boundary pattern.

The interpolation method is now described. The interpolation circuit 14 performs calculation for signals produced from the eight surrounding pixels in accordance with the 12 kinds of interpolation methods (equation 10 described later) shown in Figs. 12A to 12L to produce interpolation signals y_1 to y_{12} . An interpolation signal of the interpolation method determined by the interpolation method determining circuit 13 is selected from the above 12 kinds of interpolation signals and is produced. The interpolation method expressed by the equation 7 can be added as the interpolation method to be selected except the 12 kinds of interpolation methods shown in Figs. 12A to 12L.

Equation 10: Interpolation Method 1: $y_1 = x_{10}$

Interpolation Method 2: $y_2 = x_{12}$

Interpolation Method 3: $y_3 = x_{01}$

Interpolation Method 4: $y_4 = x_{21}$

Interpolation Method 5: $y_5 = (x_{10} + x_{12})/2$

Interpolation Method 6: $y_6 = (x_{01} + x_{21})/2$

Interpolation Method 7: $y_7 = (x_{00} + x_{22})/2$

Interpolation Method 8: $y_8 = (x_{02} + x_{20})/2$

Interpolation Method 9: $y_9 = x_{00}$

Interpolation Method 10: $y_{10} = x_{02}$

Interpolation Method 11: $y_{11} = x_{22}$

Interpolation Method 12: $y_{12} = x_{20}$

Finally, the memory 15, the system controller 16 and the changing-over circuit 17 are described.

The memory 15 stores data indicative of positions of a plurality of defective pixels contained in a solid imaging device such as a CCD. The system controller 16 reads out the position data of the defective pixels from the memory 15 and controls the changing-over circuit 17 to produce the interpolation output when the position of the center pixel of the window of 3×3 taken in by the pixel taking-in circuit 10 is coincident with the position of the defective pixel stored in the memory 15 and to produce the center pixel x_{11} when not coincident.

As described above, according to the defective pixel correction circuit of the present invention, the magnitudes of the boundaries between the peripheral or surrounding pixels are ordered to thereby identify the boundary pattern in the vicinity of the defective pixel so that the interpolation method suitable for the pattern is selected to perform interpolation. Accordingly, even when the complicated boundary is present in the vicinity of the defective pixel, the boundary can be identified to correct the defective pixel finely and exactly.

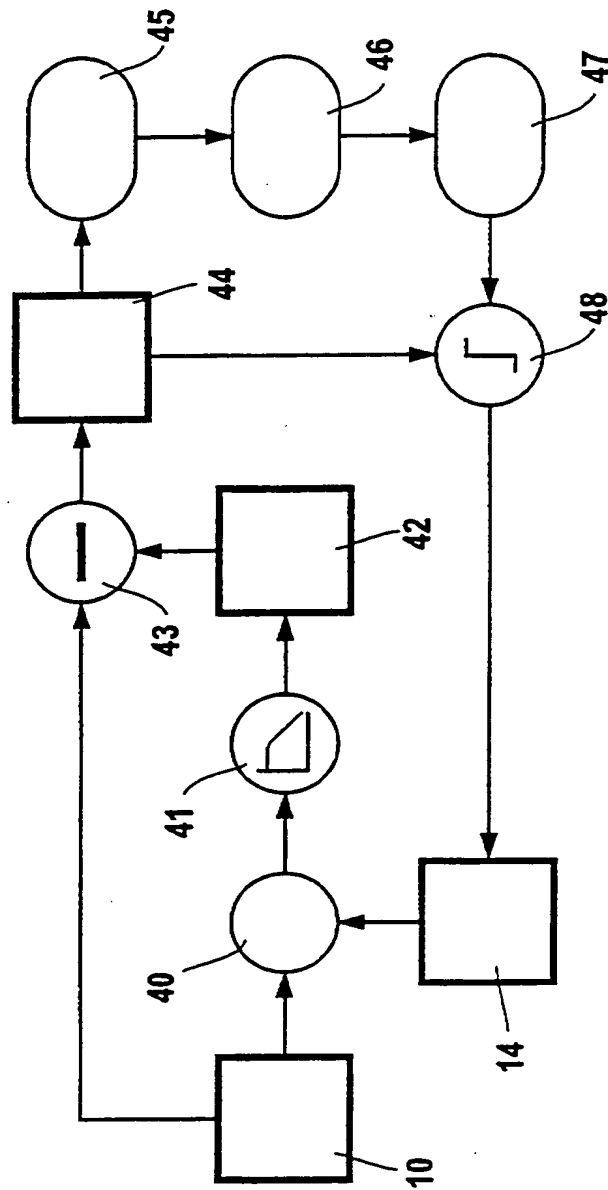


FIG 4

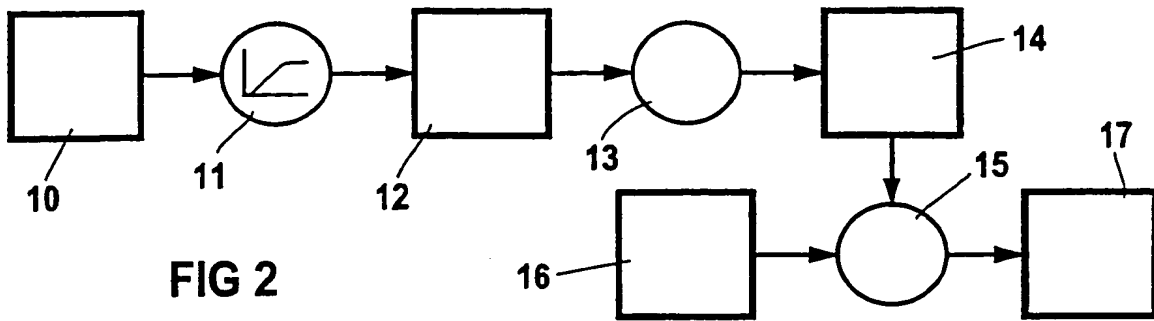


FIG 2

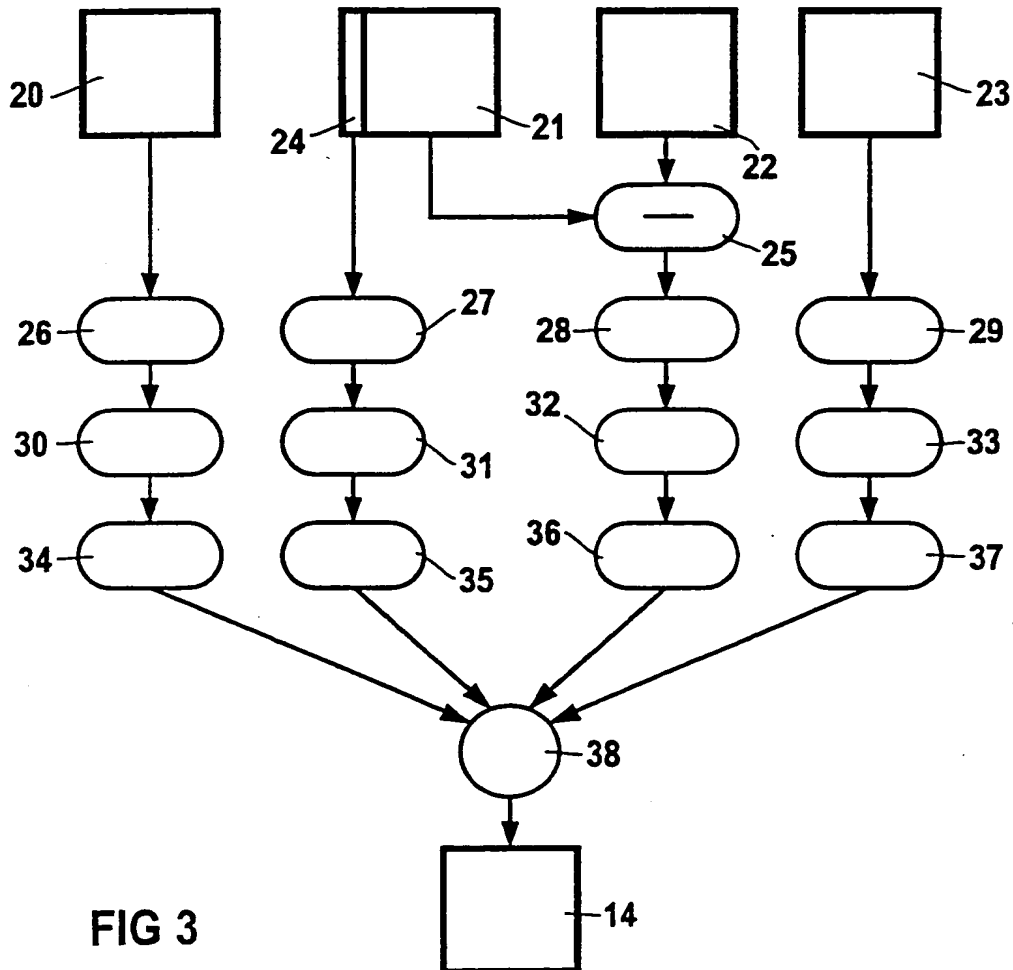


FIG 3

SP 3322



18 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 195 27 148 C 1

51 Int. Cl. 8:
H 04 N 5/21
H 04 N 5/325
H 04 N 7/18
A 61 B 6/00

21 Aktenzeichen: 195 27 148.3-31
22 Anmeldetag: 25. 7. 95
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 9. 1. 97

DE 195 27 148 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

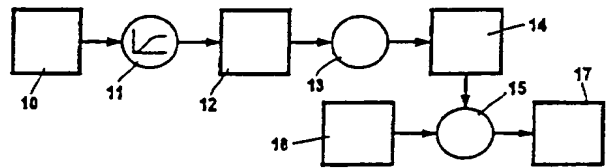
72 Erfinder:
Schreiner, Horst, 90765 Fürth, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	43 00 828 C1
DE	43 21 789 A1
DE	42 12 644 A1
DE	35 29 108 A1
GB	22 43 045 A
US	50 47 861
EP	03 93 763 A1

54 Verfahren zum Betrieb eines digitalen Bildsystems einer Röntgendiagnostikeinrichtung

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines digitalen Bildsystems (6) einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgeneinheit (1, 2) zur Erzeugung von Röntgenbildern, einer Röntgenbildwandler-Fernsehkette (5 bis 7) zur Erfassung der Röntgenbilder, die einen digitalen Bildwandler (5) mit matrixförmig in Zeilen und Spalten angeordneten Bildpunkten und einen Monitor (7) zur Wiedergabe der von dem digitalen Bildsystem (6) verarbeiteten Röntgenbilder aufweist. Zur Erkennung von defekten Bildpunkten wird wenigstens ein Kalibrierbild (10) durch eine Hochpaß-Filterung (11), beispielsweise eine Median-Filterung (28 bis 29), in ein Filterbild (12) gewandelt, das einer Defektbestimmung (13) zugeführt wird, so daß ein Defektbild (14) erhalten wird, das zur Korrektur (15) eines Originalbilds (16) verwendet wird.



DE 195 27 148 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines digitalen Bildsystems einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgeneinheit zur Erzeugung von Röntgenbildern, einer Röntgenbildwandler-Fernsehkette zur Erfassung der Röntgenbilder, die einen digitalen Bildwandler mit matrixförmig in Zeilen und Spalten angeordneten Bildpunkten und einen Monitor zur Wiedergabe der vom digitalen Bildsystem verarbeiteten Röntgenbilder aufweist.

Zunehmend gewinnen beispielsweise die in der DE 43 00 828 A1 beschriebenen digitalen bildgebenden Systeme in der Medizintechnik an Bedeutung, in denen sogenannte digitale Bildwandler die bisher eingesetzten analogen Bildwandler ersetzen. Derartig verwendete Bildwandler, beispielsweise die aus der DE 43 21 789 A1 bekannten a-Si-Detektoren, lassen sich im allgemeinen noch nicht fehlerfrei produzieren. Vielmehr sind neben defekten Pixeln, bzw. Bildpunkten auch noch Gruppen- (Cluster-), Zeilen- und Spaltenausfälle zu verzeichnen. So werden beispielsweise Spaltenausfälle durch Unterbrechungen in den Adreßleitungen verursacht.

Um den Ausschuß an Detektoren zu begrenzen, können die defekten Bildpunkte korrigiert werden. Für einen erfolgreiche Korrektur wird die Information benötigt, welche Pixel defekt und welche gut sind.

Bisher wurden mehrere Dunkelbilder (Bilder ohne Strahlung) und mehrere Sätze von Hellbildern, d. h. objektlosen Bildern mit Strahlung, mit unterschiedlichen Intensitäten aufgenommen und durch eine arithmetische Verknüpfung ein Dunkelstrom-korrigiertes Bild erzeugt. Aus diesen Bildern wurde dann versucht, die defekten Pixel zu finden. Dies konnte beispielsweise mit Histogrammen und bestimmten Schwellwerten im Histogramm-Verlauf oder mit einer Summe von Histogrammen für unterschiedliche Teilflächen des Bildes oder durch Prüfung aller Bildpunkte des Bildes mit gewissen Bereichsschranken erreicht werden.

Alle diese oder ähnliche Verfahren führen jedoch zu Problemen, wenn sich beispielsweise die elektronischen Gegebenheiten des Systems bei einem neuen Detektor oder anderen Betriebsmodi des Detektors verändern, weil sie meist von einer Vielzahl von Parametern abhängen, die für ein bestimmtes Detektor-Exemplar erst ermittelt werden müssen.

In einer Parallelanmeldung ist ein Verfahren zur Defekterkennung bei einem a-Si-Panel beschrieben, bei der zur Erkennung von defekten Bildpunkten mehrfach auf zwei Bilder, von denen ein erstes Bild mit Röntgenstrahlung ohne Objekt und ein zweites Bild ohne Röntgenstrahlung erstellt ist, eine rekursive Tiefpaß-Filterung nach dem Prinzip der unscharfen Maske mit Trennung der Defekte nach Spalten und Zeilen angewandt wird.

Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das auf einfache Weise eine pixelgenaue und sichere Erkennung defekter Bildpunkte ermöglicht.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zur Erkennung von defekten Bildpunkten wenigstens ein Kalibrierbild durch eine Filterung in ein Filterbild gewandelt wird, das einer Defektbestimmung zugeführt wird, so daß ein Defektbild erhalten wird, das zur Korrektur eines Originalbildes verwendet wird.

Erfindungsgemäß kann die Filterung eine Hochpaß-Filterung, beispielsweise eine zweidimensionale Median-Filterung sein, bei der zuerst eindimensional in ei-

ner ersten Richtung und dann eindimensional in einer zweiten, zur ersten senkrechten Richtung gefiltert werden kann.

Eine Bestimmung der Defekte kann erfindungsgemäß durch Ermittlung der Histogrammverteilung erfolgt.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn folgende Verfahrensschritte angewandt werden:

- a) führe Hochpaß-Filterung eines Kalibrierbildes durch,
- b) bestimme den Histogrammkern und
- c) ermittle Defekte der Bildpunkte außerhalb des Histogrammkernes.

Alternativ kann zur Hochpaß-Filterung eine Tiefpaß-Filterung des Kalibrierbildes durchgeführt und das derart erhaltene Filterbild von dem Kalibrierbild subtrahiert werden.

Ein besonders einfaches und schnelles Verfahren erhält man, wenn das Kalibrierbild einer Korrektur bereits gefundener Defekte unterworfen wird, wenn das Korrekturbild durch eine Tiefpaß-Filterung in ein Filterbild gewandelt wird, das von dem Kalibrierbild subtrahiert wird, und wenn das derart erhaltene Differenzbild zur Defektbestimmung einem Schwellenvergleich zugeführt wird, so daß ein Defektbild erhalten wird, das zur Korrektur des Kalibrierbild verwendet wird.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Schwelle für den Schwellenvergleich durch Bestimmung der Histogrammverteilung des Differenzbildes ermittelt wird. Erfindungsgemäß kann die Tiefpaß-Filterung nach dem Prinzip der unscharfen Maske durchgeführt sein.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn folgende Verfahrensschritte angewandt werden:

- a) korrigiere im Originalbild bereits gefundene Defekte,
- b) führe Tiefpaß-Filterung des korrigierten Bildes durch,
- c) bilde die Differenz von dem Originalbild und dem Bild mit Tiefpaß-Filterung,
- d) untersuche diese Differenz nach neuen Defekten und
- e) wiederhole den Vorgang, wenn neue Defekte gefunden wurden.

Als Kalibrierbilder können erfindungsgemäß ein Hell- und ein Dunkelbild, ein Rausch- und ein Signalbild verwendet werden, wobei die Kalibrierbilder aus einer Serie von aufeinanderfolgender Kalibrierbilder bestehen können.

Eine genaue Ermittlung von weiteren Kalibriersignalen kann erfolgen, wenn die Erkennung defekter Bildpunkte auch in einer Referenzzone durchgeführt wird.

Als Röntgenbildwandler mit defekten Bildpunkten kann erfindungsgemäß ein Bildwandler aus amorphem Silizium (aSi) oder ein Röntgenbildverstärker mit angekoppeltem CCD-Bildwandler verwendet werden.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Röntgendiagnostikeinrichtung nach dem Stand der Technik mit einem digitalen Bildsystem zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 die allgemeinen Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 3 eine erste Ausführungsform des erfindungsge-

mäßen Verfahrens und

Fig. 4 eine alternative Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In der Fig. 1 ist eine bekannte Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgenröhre 1 dargestellt, die von einem Hochspannungsgenerator 2 betrieben wird. Die Röntgenröhre 1 sendet ein Röntgenstrahlenbündel 3 aus, das einen Patienten 4 durchdringt und auf einen Röntgenbildwandler 5 entsprechend der Transparenz des Patienten 4 geschwächt als Röntgenstrahlenbild fällt. Der Röntgenbildwandler 5 ist mit einem digitalen Bildsystem 6 und einen daran angeschlossenen Monitor 7 zur Wiedergabe des Röntgenstrahlenbildes verbunden. Das digitale Bildsystem 6 kann in bekannter Weise eine Verarbeitungsschaltung, Wandler, Differenzstufen und Bildspeicher aufweisen.

Bei einer derartigen Röntgendiagnostikeinrichtung kann der Röntgenbildwandler 5 aus einer Photodioden-Matrix oder aus einem oder mehreren CCD-Bildsensoren bestehen, die mit einem Röntgenbildverstärker oder einer Szintillatorschicht aus einem gegenüber Röntgenstrahlen empfindlichen Leuchtstoff gekoppelt sind. Der Röntgenbildwandler 5 kann aus wasserstoffhaltigem amorphem Silizium (a-Si : H) bestehen.

Bei derartigen Bildwandlern können mehrere Bildpunkte der Bildpunkt-Matrix defekt sein. Es können einzelne Bildpunkte, mehrere Zeilen und/oder Spalten übergreifende Gruppen von Bildpunkten (Cluster), ganze Zeilen oder Spalten defekt sein.

Was sind nun defekte Bildpunkte? Dazu muß sozusagen das "normale" Verhalten der Pixel bestimmt werden. Ungleichmäßigkeiten in der Bestrahlung durch die Röntgenröhre 1 oder des verwendeten Szintillators bilden sich normalerweise nur in niedrigen Ortsfrequenzen des Kalibrierbildes ab. Des weiteren sind die Rauschteile im Kalibrierbild unerwünscht und können unberücksichtigt bleiben. Der erste Ansatz wäre somit als Normal die mit einem nicht zu kleinem Kernel mit beispielsweise einer Kernelgrößen von 31×31 bestimmte unscharfe Maske als Rechteckfilter des Kalibrierbildes zu definieren. Leider werden dabei die Defekte aufgrund der Mittelung sozusagen auf ihre Umgebung verschmiert, wodurch auch Nachbarpixel mit beeinflusst werden.

Besser eignet sich ein Medianfilter für diesen Fall. Allerdings weist dieser vor allem bei größeren Kernen eine recht hohe Rechenzeit auf. Diese läßt sich teilweise vermindern indem man den zweidimensionalen Filter in zwei eindimensionalen Filterungen aufteilt, die in Zeilen- und Spaltenrichtung getrennt nacheinander durchgeführt werden. Der Unterschied gegenüber dem echten zweidimensionalen Filter ist gering und für diesen Zweck vernachlässigbar.

Anhand der Fig. 2 wird das allgemeine erfindungsgemäße Verfahren dargestellt. Ein Kalibrierbild 10 wird einer Hochpaß-Filterung 11 unterworfen. Das erhaltene Filterbild 12 wird einer Defektbestimmung 13 zugeführt, als deren Ergebnis ein Defektbild 14 vorliegt, das sämtliche defekte Bildpunkte kennzeichnet. Mit diesem Defektbild 14 kann eine Korrektur 15 eines Originalbildes 16 mit Röntgenstrahlung erfolgen, so daß man ein korrigiertes Röntgenbild 17 erhält. Die Korrektur 15 kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß die defekten Bildpunkte durch eine lineare Interpolation benachbarter Bildpunkte ersetzt wird.

In Fig. 3 ist nun ein erstes erfindungsgemäßes Verfahren wiedergegeben. Es werden vier verschiedene Bilder als Kalibrierbilder 10 verwendet, ein Rausch-Dunkelbild

20, ein Signal-Dunkelbild 21, ein Signal-Hellbild 22 und ein Rausch-Hellbild 23. Dabei bedeutet Dunkelbild ein Bild bzw. eine Bildserie ohne jegliche Belichtung und ein Hellbild ein Bild bzw. eine Bildserie mit gleichförmiger Belichtung ohne Untersuchungsobjekt. Als Rausch-Bild wird die Streuung oder Varianz σ^2 jeweils für jedes Pixel einer Bildserie und als Signal ebenfalls jeweils für jedes Pixel der Mittelwert einer Serie von Bildern gewertet. Auch ein Signal eines Dunkelbildes der Referenzzone 24 wird entsprechend erfaßt.

Die Dunkel-Referenzzone des verwendeten a-Si-Detektors am linken Bildrand, dem Zeilenanfang, bedarf einer besonderen Behandlung. Diese ist licht- und strahlungsdicht abgedeckt, so daß auch im Hellbild kein zusätzliches Signal entsteht. Sie dient dazu, das Zeilenrauschen zu vermindern und kleine Transienten im Offset zu korrigieren. Auch hier müssen Defekte erkannt werden, damit diese nicht die Zeilenkorrektur verfälschen. Als Kriterium bezüglich des Signals muß hier der (Dunkelstrom-)Offset alleine dienen. Die Defektschranken können hier sogar etwas enger gesteckt werden, da einige zusätzliche Defekte nicht die Bildinformation schmälern, auf der anderen Seite aber würden hier nicht erkannte Defekte die Minderung des Zeilenrauschens zu nichte machen. Zeilen mit zuwenig guten Pixeln werden als ganzes als defekt erklärt.

Die beiden Rauschbilder 20 und 23, das Signalbild der Referenzzone 24 sowie die Differenz 25 der Signalbilder 21 und 22 werden einer zweidimensionalen Hochpaß-Filterung, einer Median-Filterung 26 bis 29 unterworfen. Bei einer derartigen Median-Filterung wird im Gegensatz zum einfachen Rechteckfilter in der Umgebung eines Bildpunktes nicht der Mittelwert gebildet, sondern wird der, nachdem alle in der Umgebung gefundenen Werte sortiert wurden, in der Mitte liegende Wert als Filterwert genommen. Einzelne, weit vom Mittelwert entfernte Werte, die wahrscheinlich Defekte sind, haben so praktisch keinen Einfluß auf den Filterwert. So wie beschrieben hat der Filter einen Tiefpaß-Charakter. Den Hochpaß-Charakter erhält man durch einfache Subtraktion des Ausgangswertes vom Originalwert.

Aus den Filterwerten wird die Histogrammverteilung 30 bis 33 ermittelt und anschließend aus diesem Histogramm die Defektbestimmung 34 bis 37 durchgeführt. Dies erfolgt derart, daß jeweils der Kern der Histogrammverteilung 30 bis 33 ermittelt wird, das heißt, der Bereich, der sich um das Maximum der gausförmigen Kurve erstreckt. Durch einfache Erweiterung dieses Bereiches um einen Faktor werden die defekten Bildpunkte ermittelt, die außerhalb dieses Bereiches liegen.

Die Ausgangssignale der Defektbestimmungen 34 bis 37 werden einer Oder-Verknüpfung 38 zugeführt, an deren Ausgang das Defektbild 14 liegt.

Anhand der Fig. 4 wird nun eine Alternativlösung des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben, die sich insbesondere durch geringen Rechenaufwand auszeichnet. Die Median-Filterung wird hier durch eine Iteration ersetzt, die den Rechteckfilter benutzt. Ansonsten bleiben die Verarbeitungsschritte gleich. Das Kalibrierbild 10, das jeweilige Signal- oder Rauschbild 20 bis 24, wird einer Defektkorrektur 40 zugeführt, in der bereits erkannte defekte Bildpunkte beispielsweise mit einer linearen Interpolation korrigiert werden. Nach einer Tiefpaß-Filterung 41 mit einem Rechteckfilter wird das Filterbild 42 einer Subtraktion 43 mit dem Kalibrierbild 10 unterworfen. Durch diese Tiefpaß-Filterung 41 und anschließende Subtraktion 43 erhält man ein gefiltertes Signal, ähnlich wie durch die Hochpaß-Filterung 11. Aus

dem Subtraktionsbild 44 werden über einen Schwellenvergleich 48 neue Defekte gefunden, die in das Defektbild 14 eingetragen werden. Dieser Vorgang wird mehrfach wiederholt.

Die Tiefpaß-Filterung 41 durch ein Rechteckfilter mit einem nicht zu kleinem Kernel durchgeführt, wobei das Rechteckfilter um einen Bildpunkt einen arithmetischen Mittelwert bildet.

Zur Einstellung der Schwelle wird aus dem Subtraktionsbild 44 das Histogramm 45 ermittelt, aus dem der Kernbereich 46 bestimmt wird. Die Bereichserweiterung 47 um einen Faktor bestimmt dann die Höhe der Schwelle für den Schwellenvergleich 48 der defekten Bildpunkte.

Diese Iteration zur Bestimmung der defekten Bildpunkte weist gegenüber der Median-Filterung geringere Rechenzeiten auf. Der Vorteil der Median-Filterung jedoch ist, daß man mit einem Schritt das gewünschte Defektbild erhält.

Die Rechenzeiten der Median-Filterung lassen sich durch folgende Maßnahme beschleunigen.

Bei der Original-Median-Filterung muß der Kern um jedes Pixel sortiert werden, d. h. im Falle eines 30·30 Kerns in einem 1000·1000 Bild muß 106 mal ein Feld von 900 Werten sortiert werden, so daß sich zusammen 900·106 Sortierwerte ergeben.

Wird dagegen die Median-Filterung nach x und y aufgeteilt und zweimal hintereinander eine Median-Filterung gebildet, indem einmal mit einem Kern von 30·1 und dieses Ergebnis dann mit einem Kern von 1·30 gefiltert wird. Dann sind nur 2·106 Felder von 30 Werten zu sortieren, so daß sich 60·106 Sortierwerte ergeben, so daß sich 15 mal weniger Sortierwerte als vorher ergeben.

Will man trotzdem, wegen der schnelleren Berechenbarkeit, mit der unscharfen Maske arbeiten, muß man den Einfluß der Defekte auf ihre Nachbarschaft vermindern. Dies wird erfindungsgemäß durch folgende Iteration gelöst:

- a) korrigiere im Kalibrierbild bereits gefundene Defekte, beispielsweise mit linearer Interpolation, die z. B. mit einfachen Schwellen gefunden wurden, die ein Signal nahe der Bereichsgrenzen des A/D-Wandlers haben, da die Kalibrierbilder normalerweise weit innerhalb dieser Grenzen aufgenommen werden,
- b) führe eine Tiefpaß-Filterung des korrigierten Bildes durch,
- c) bilde Differenz vom ursprünglichen Kalibrierbild und Tiefpaß-gefilterten, korrigierten Bild,
- d) bestimme aus dem Histogramm der Differenz Schwellen für Defekte, wobei im Histogramm bereits gefundene Defekte unberücksichtigt bleiben,
- e) finde neue Defekte und füge sie den bereits gefundenen hinzu und
- f) wiederhole Iteration bis kaum noch neue Defekte gefunden werden.

Bezüglich der Schwellwertfindung kann beispielsweise angenommen werden, daß der Kernbereich des Histogramms in einer Normalverteilung, der 50% aller Pixel enthält, 0,675 Mal der Standardabweichung entspricht. Bei einer Erweiterung dieses Bereiches um beispielsweise einen Faktor 7 sind bei einer Normalverteilung nur noch 3·10⁻⁵ aller Werte außerhalb zu finden. Pixel, die trotzdem noch außerhalb zu finden sind, sind mit hoher Wahrscheinlichkeit defekt.

Das Histogramm nähert sich durch die Iteration der Normalverteilung an, da immer mehr bereits gefundene Defekte ausgeschlossen und im Histogramm nicht mehr berücksichtigt werden.

Der Vorteil dieser Methode liegt in der automatischen Anpassung der Schwellen an die im Kalibrierbild vorhandenen normalen Rauschwerte der Pixel.

Die Verfahren werden erfindungsgemäß bei einem a-Si-Detektor für die Kalibrierung verwendet. Ein derartiger Detektor kann beispielsweise eine Matrix von 1024 Zeilen und 1080 Spalten aufweisen. Die Referenzzone kann aus den Bildpunkten Nr. 0 bis 79 bestehen, wobei beispielsweise Nr. 1 bis 64 davon verwendet werden und mindestens 16 nicht defekt sein sollten. Der A/D-Wandler kann eine Tiefe von 12 Bit aufweisen.

Zur Kalibrierung werden immer eine Serie Dunkel- und eine Serie Hellbilder aufgenommen. Folgende Schritte werden angewendet:

— Alle Bilder werden auf Einhaltung der Grenzen des A/D-Wandlers untersucht. Da bei der Aufnahme der Kalibrierbilder sichergestellt sein muß, daß nirgends eine Überschreitung des Digitalisierungsbereichs des A/D-Wandlers auftritt, sind Pixel, die trotzdem ein Signal nahe der Grenzen des A/D-Wandlers aufweisen, sicher defekt. Diese Defekte sind ein guter Ausgangspunkt für die oben beschriebenen Iteration.

— Die Bilder jeder Serie werden gemittelt, sowie das Rauschen in den Pixel berechnet wird. Die vier resultierenden Bilder werden der oben beschriebenen Defekterkennung zugeführt. Bei kurzen Kalibriererserien kann man das Rauschen Zeilen- und Spaltenweise mitteln.

— Nur in der Referenzzone stützt sich die Defekterkennung nur auf die Offsetwerte, da durch die Abdeckung kein anderweitiges Signal erzeugt werden kann. Defekte werden mittels der oben beschriebenen Median-Filterung bzw. Iteration erkannt. Zeilen mit zu vielen Defekten in der Referenzzone werden ausgesondert. Einige irrtümlich als defekt erkannte Pixel sind hier nicht so gravierend. Anders im eigentlichen Bild, wo möglichst viel Information erhalten bleiben sollte.

Alle vier Bilder können mit dem oben angeführten Verfahren auf Defekte untersucht werden. Allerdings wird man beim Signal besser nur die Differenz von Hell- und Dunkelbild untersuchen, da der (Dunkelstrom-)Offset allein kein gutes Defektkriterium sein muß, da er später bei der Aufnahme leicht korrigiert werden kann.

Als wichtigster Schritt bei der Defekterkennung erwies sich die Untersuchung der Rauschwerte, da in Bildfolgen stark rauschende oder blinkende Pixel oder gar flackernde Zeilen und Spalten enorm den Bildeindruck stören. Beim Signal fallen diese nicht unbedingt auf, da sich durchaus ein normaler Mittelwert einstellen kann. Auch eine Defekterkennung, die sich im wesentlichen nur auf die Rauschwerte stützte, zeigte sehr gute Ergebnisse.

Bei kurzen Serien kann die Statistik über die Rauschwerte recht schlecht sein. Hier bietet sich dann an, über bestimmte Pixelgruppen bis hin zu Zeilen und Spalten zu mitteln. Allerdings können so keine einzelnen Defekte mehr erkannt werden. Andererseits kann nach Mittelung über Zeilen/Spalten eindimensional weitergearbeitet werden, so daß der Medianfilter wieder anwendbar ist.

Gegenüber früheren Verfahren, die sich hauptsächlich auf die Signalwerte stützten, wurden mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wesentlich weniger Bildpunkte unnötigerweise als defekt erkannt, wobei sich aber der Bildeindruck wesentlich verbesserte. Letzteres ist wohl der zusätzlichen Rauschuntersuchung zuzuschreiben.

Der Detektor wird in mehreren, unterschiedlich empfindlichen Modi betrieben, was auch Einfluß auf das Rauschen der Pixel hat. Trotzdem zeigte sich das Verfahren unempfindlich dagegen, da alle Schwellen automatisch berechnet werden, bzw. relativ zu berechneten Werten eingestellt werden.

Alle beschriebenen Verfahrensschritte können anstelle durch eine das Bildsystem 6 steuernde Software auch als Hardware-Lösung durchgeführt werden.

Die Erkennung und Korrektur defekter Bildpunkte kann effizient in Hardware realisiert oder von einem Multi-Prozessorsystem ausgeführt werden, wobei hier die Einzel-Prozessoren optimal einsetzbar sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines digitalen Bildsystems (6) einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgeneinheit (1, 2) zur Erzeugung von Röntgenbildern, einer Röntgenbildwandler-Fernsehkette (5 bis 7) zur Erfassung der Röntgenbilder, die einen digitalen Bildwandler (5) mit matrixförmig in Zeilen und Spalten angeordneten Bildpunkten und einen Monitor (7) zur Wiedergabe der von dem digitalen Bildsystem (6) verarbeiteten Röntgenbilder aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erkennung von defekten Bildpunkten wenigstens ein Kalibrierbild (10) durch eine Filterung (11) in ein Filterbild (12) gewandelt wird, das einer Defektbestimmung (13) zugeführt wird, so daß ein Defektbild (14) erhalten wird, das zur Korrektur (15) eines Originalbild (16) verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Filterung (11) eine Hochpaß-Filterung mit einem Median-Filter (26 bis 29) durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweidimensionale Median-Filterung (26 bis 29) zuerst eindimensional in einer ersten Richtung und dann eindimensional in einer zweiten, zur ersten senkrechten Richtung durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Defektbestimmung (13) durch Ermittlung der Histogrammverteilung (30 bis 33) erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
 - a) führe Hochpaß-Filterung eines Kalibrierbildes durch,
 - b) bestimme den Histogrammkern und
 - c) ermittle Defekte der Bildpunkte außerhalb des Histogrammkernes.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Hochpaß-Filterung (11) eine Tiefpaß-Filterung (41) des Kalibrierbildes (10) durchgeführt und das derart erhaltene Filterbild (42) von dem Kalibrierbild (10) subtrahiert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Kalibrierbild (10) einer Korrektur (40) bereits gefundener Defekte unterwor-

fen wird, daß das Korrekturbild durch eine Tiefpaß-Filterung (41) in ein Filterbild (42) gewandelt wird, das von dem Kalibrierbild (10) subtrahiert wird, und daß das derart erhaltene Differenzbild (44) zur Defektbestimmung einem Schwellenvergleich (48) zugeführt wird, so daß ein Defektbild (14) erhalten wird, das zur Korrektur (40) des Kalibrierbild (10) verwendet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwelle für den Schwellenvergleich (48) durch Bestimmung der Histogrammverteilung (45) des Differenzbildes (44) ermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefpaß-Filterung (41) nach dem Prinzip der unscharfen Maske durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- a) korrigiere im Originalbild bereits gefundene Defekte,
- b) führe Tiefpaß-Filterung des korrigierten Bildes durch,
- c) bilde die Differenz von dem Originalbild und dem Bild mit Tiefpaß-Filterung
- d) untersuche diese Differenz nach neuen Defekten und
- e) wiederhole den Vorgang, wenn neue Defekte gefunden wurden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Kalibrierbilder (10) ein Hell- (22, 23) und ein Dunkelbild (20, 21) verwendet werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Kalibrierbilder (10) ein Rausch- (20, 23) und ein Signalbild (21, 22) verwendet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine Serie von aufeinanderfolgenden Kalibrierbildern (10) verwendet wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Erkennung defekter Bildpunkte auch in einer Referenzzone (25) durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Röntgenbildwandler (5) mit defekten Bildpunkten ein Bildwandler aus amorphem Silizium ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Röntgenbildwandler (5) mit defekten Bildpunkten ein Röntgenbildverstärker mit angekoppeltem CCD-Bildwandler ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

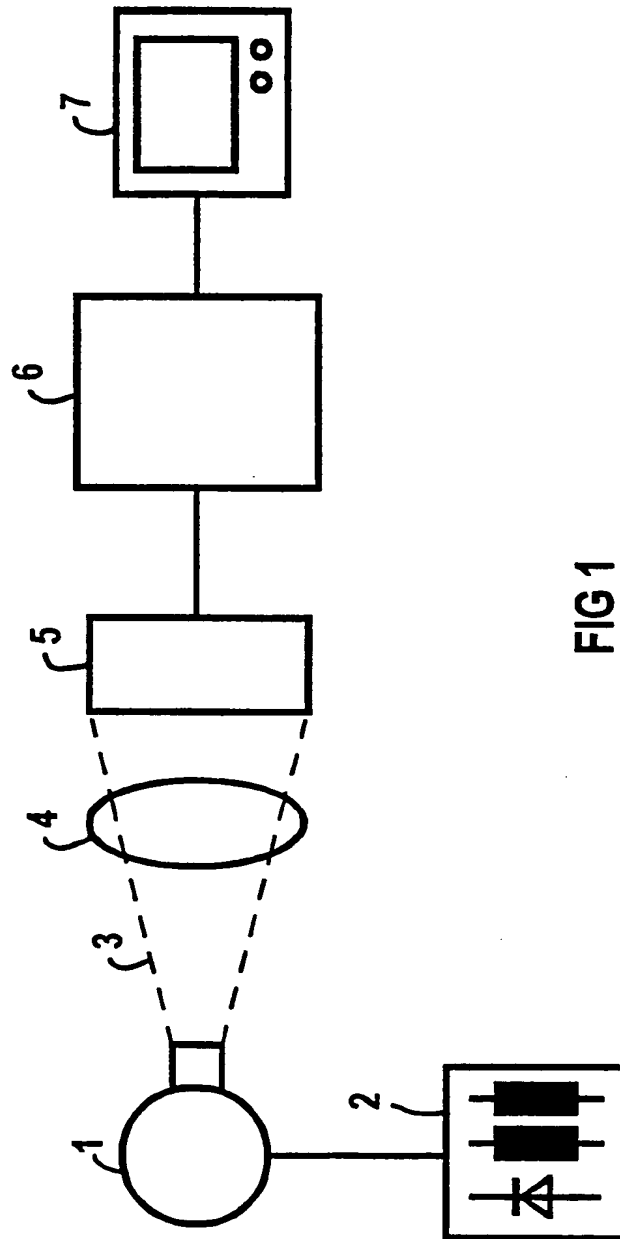


FIG 1

Claims

1. A defective pixel correction circuit comprising:
 - a pixel taking-in circuit (10) for taking in signals produced from peripheral pixels of a defective pixel in an imaging device;
 - a boundary detection circuit (11) for detecting magnitudes of boundaries between adjacent pixels of the taken-in peripheral pixels;
 - a boundary ordering circuit (12) using outputs of said boundary detection circuit for ordering the boundaries;
 - an interpolation method determining circuit (13) for determining an interpolation method on the basis of outputs of said boundary ordering circuit, and
 - an interpolation circuit (14) for producing an interpolation signal by said determined interpolation method.
2. A defective pixel correction circuit comprising:
 - a pixel taking-in circuit (10) for taking in signals produced from peripheral pixels of a defective pixel in an imaging device;
 - a boundary detection circuit (11) for detecting magnitudes of boundaries between adjacent pixels of the taken-in peripheral pixels;
 - a boundary ordering circuit (12) using outputs of said boundary detection circuit for ordering the boundaries;
 - an interpolation method determining circuit (13) for determining an interpolation method on the basis of outputs of said boundary ordering circuit;
 - an interpolation circuit (14) for producing an interpolation signal by said determined interpolation method;
 - a memory (15) for storing a position of said defective pixel; and
 - replacement control means (17) for judging whether data is stored in said memory or not and replacing an image of said pixel taking-in circuit with an image of said interpolation circuit when data is stored in said memory.
3. A defective pixel correction circuit according to Claim 1, wherein said boundary detection circuit is to calculate the magnitudes of the boundaries between the adjacent pixels from eight peripheral pixels in said pixel taking-in circuit and said boundary ordering circuit is to effect determination on the basis of the magnitudes of the boundaries between the pixels.
4. A defective pixel correction circuit according to Claim 2, wherein said boundary detection circuit is to calculate the magnitudes of the boundaries between the adjacent pixels from eight peripheral pixels in said pixel taking-in circuit and said boundary ordering circuit is to effect determination on the basis of the magnitudes of the boundaries between the pixels.
5. A defective pixel correction circuit according to Claim 3 or 4, wherein said boundary ordering circuit includes a rule for judging that the magnitude of the boundary in the vertical direction is larger than that in the horizontal direction when the magnitudes of the boundaries in the vertical and horizontal directions are equal to each other.
6. A defective pixel correction circuit according to Claim 3 or 4, wherein said boundary ordering circuit includes a rule for judging that the magnitude of the boundary having a smaller suffix is larger than that having a larger suffix when the magnitudes of the boundaries in the vertical direction or the horizontal direction are equal to each other.
7. A defective pixel correction circuit according to Claim 3 or 4, wherein said boundary ordering circuit includes a rule for judging that the magnitude of the boundary in the vertical direction is larger than that in the horizontal direction when the magnitude of the boundary in the vertical direction is equal to that in the horizontal direction and judging that the magnitude of the boundary having a smaller suffix is larger than that having a larger suffix when the magnitudes of the boundaries in the vertical direction or the horizontal direction are equal to each other.

FIG.1
PRIOR ART

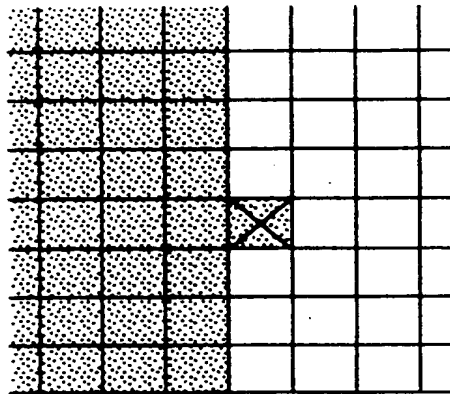


FIG.2
PRIOR ART

	II	III	
	A	B	C
I	D	X	E
			IV

FIG.3A
PRIOR ART

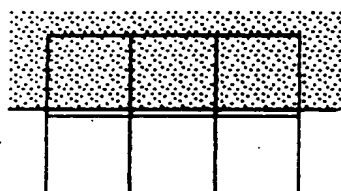


FIG.3B
PRIOR ART

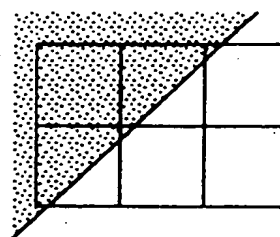


FIG.3C
PRIOR ART

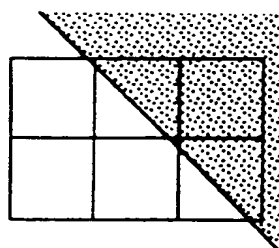


FIG.3D
PRIOR ART

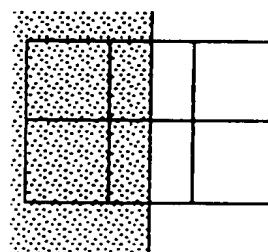


FIG.4A
PRIOR ART

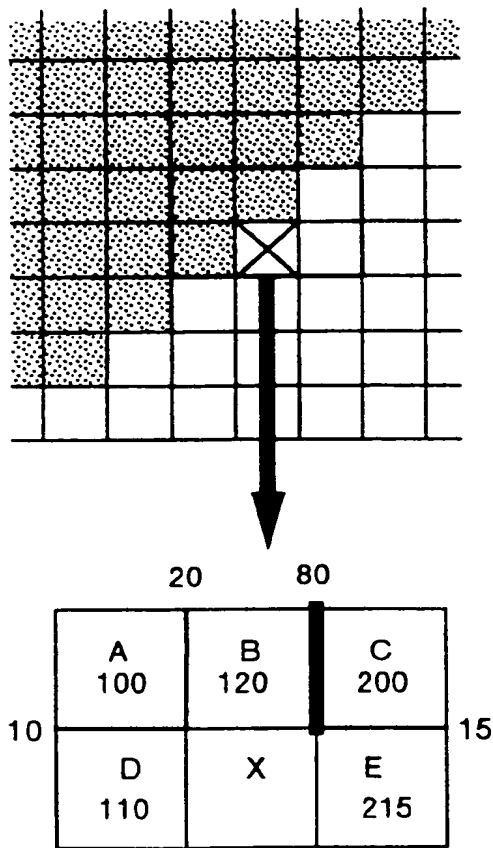


FIG.4B
PRIOR ART

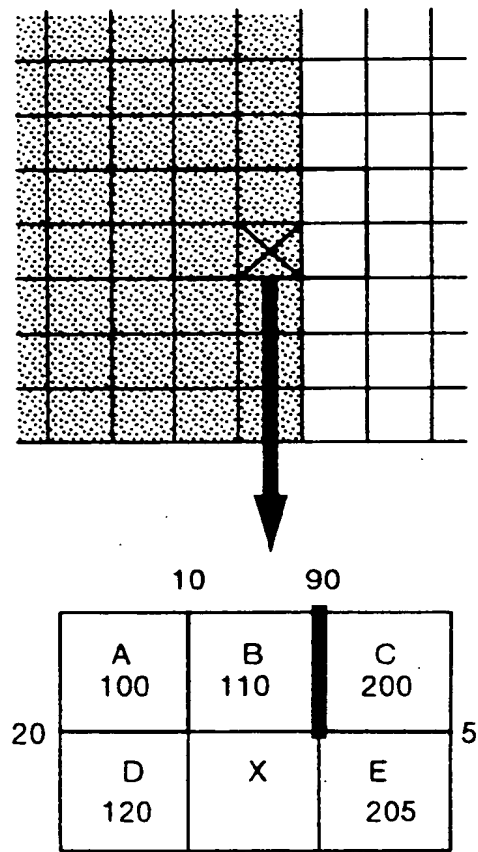


FIG.5

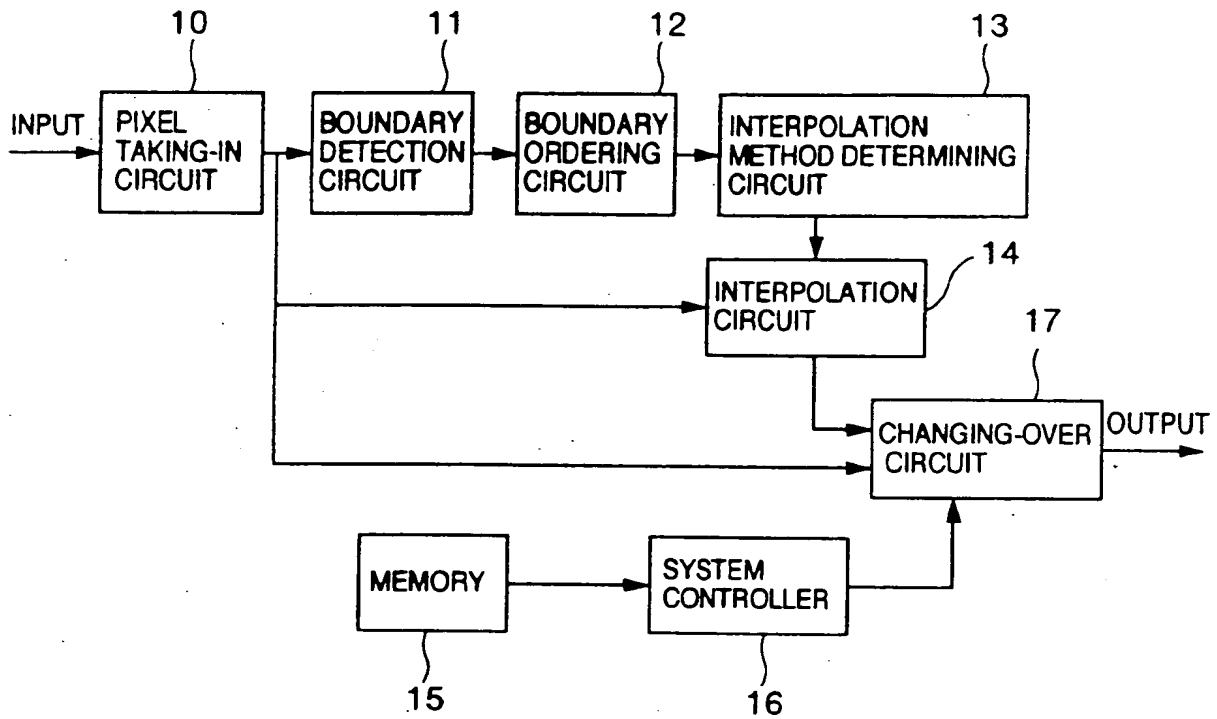


FIG.6

X00	X01	X02
X10	X11	X12
X20	X21	X22

FIG.7

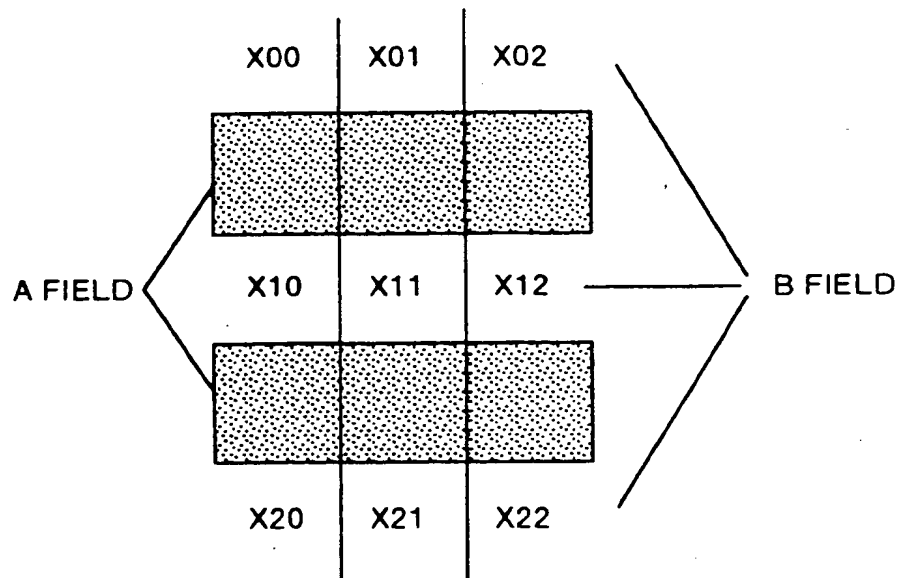


FIG.8

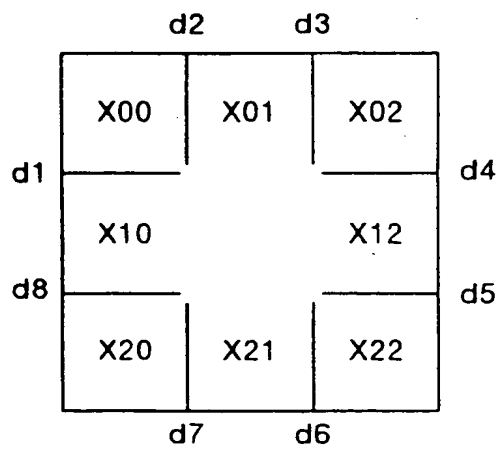


FIG.9

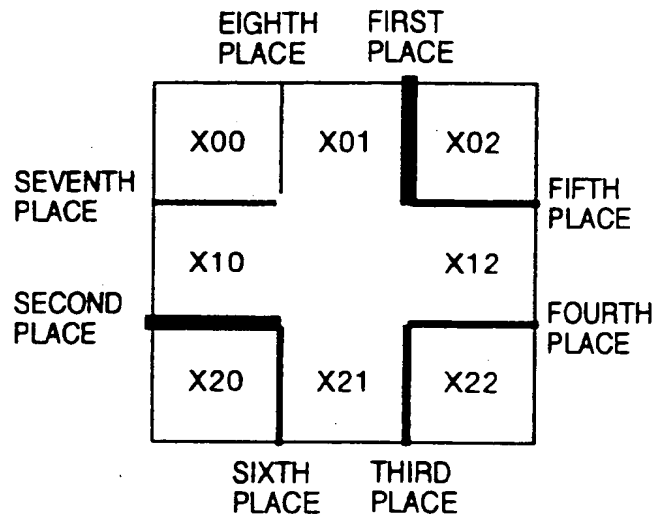


FIG.10A

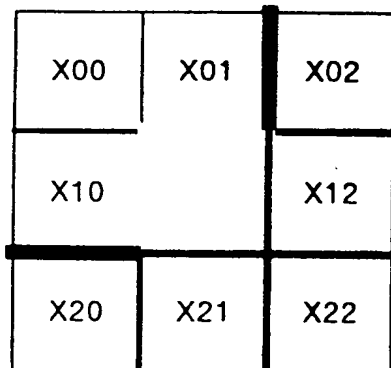


FIG.10B

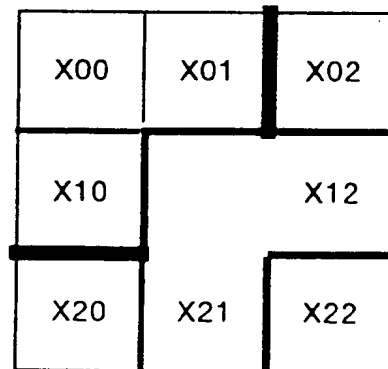
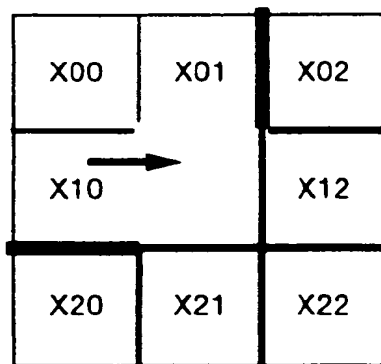
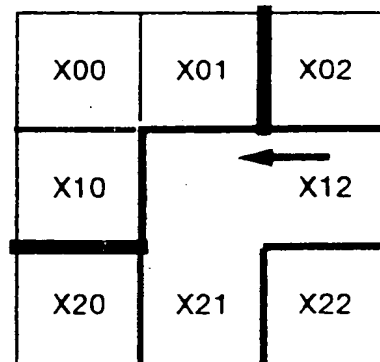


FIG.11A



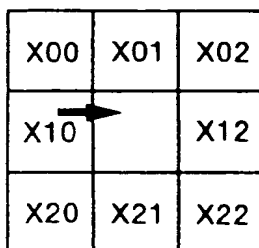
INTERPOLATE WITH X10

FIG.11B



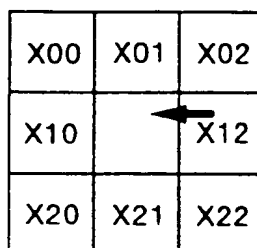
INTERPOLATE WITH X12

FIG.12A



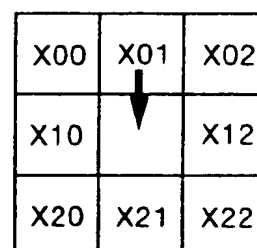
INTERPOLATION METHOD 1
INTERPOLATE WITH X10

FIG.12B



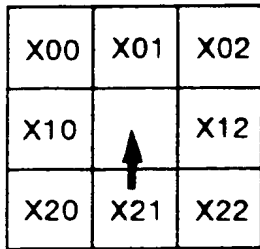
INTERPOLATION METHOD 2
INTERPOLATE WITH X12

FIG.12C



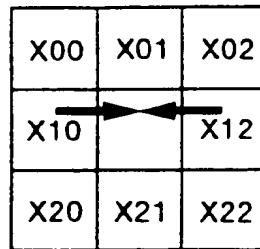
INTERPOLATION METHOD 3
INTERPOLATE WITH X01

FIG.12D



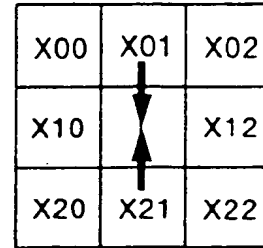
INTERPOLATION METHOD 4
INTERPOLATE WITH X21

FIG.12E



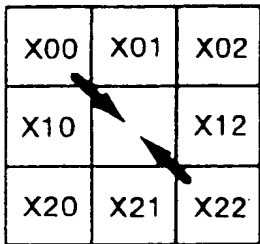
INTERPOLATION METHOD 5
INTERPOLATE WITH
AVERAGE OF X10 AND X12

FIG.12F



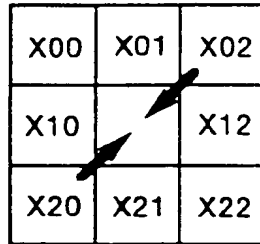
INTERPOLATION METHOD 6
INTERPOLATE WITH
AVERAGE OF X01 AND X21

FIG.12G



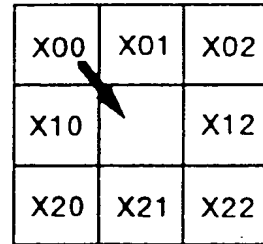
INTERPOLATION METHOD 7
INTERPOLATE WITH
AVERAGE OF X00 AND X22

FIG.12H



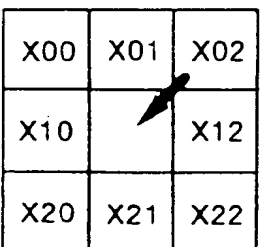
INTERPOLATION METHOD 8
INTERPOLATE WITH
AVERAGE OF X01 AND X20

FIG.12I



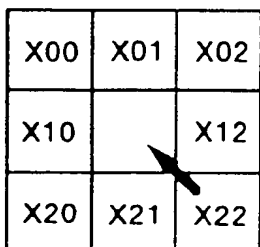
INTERPOLATION METHOD 9
INTERPOLATE WITH X00

FIG.12J



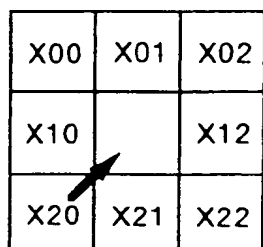
INTERPOLATION METHOD 10
INTERPOLATE WITH X02

FIG.12K



INTERPOLATION METHOD 11
INTERPOLATE WITH X22

FIG.12L



INTERPOLATION METHOD 12
INTERPOLATE WITH X20



European Patent
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 95 30 3822

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.6)
D,X	JP-A-03 296 374 (SONY CORPORATION) * abstract; figures *	1,2	H04N5/217
X	EP-A-0 440 563 (SONY CORPORATION) * column 1, line 6 - column 4, line 37 * * column 19, line 13 - column 25, line 5 * * column 26, line 24 - line 36 *	1,2	
Y	---	3,4	
Y	US-A-4 541 116 (LOUGHEED) * column 1, line 55 - column 2, line 29 * * column 3, line 12 - line 39 * * column 5, line 5 - line 17 *	3,4	
A	US-A-4 858 013 (MATSUDA) * the whole document *	1-4	
A	US-A-4 517 600 (REITMEIER) * the whole document *	1-4	
A	GB-A-2 149 261 (MARCONI AVIONICS LIMITED) * page 2, line 12 - line 78 *	1-4	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.6)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 11 no. 46 (E-479) [2493] ,12 February 1987 & JP-A-61 208980 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 17 September 1986, * abstract *	3,4	H04N
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search THE HAGUE		Date of completion of the search 15 September 1995	Examiner De Dieuleveult, A
<p>CATEGORY OF CITED DOCUMENTS</p> <p>X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document</p> <p>T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons * : member of the same patent family, corresponding document</p>			

EPO FORM 1503 (3.82) (P04/C01)